

EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE LAUSANNE
 POLITECNICO FEDERALE DI LOSANNA
 SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY LAUSANNE

DEPARTEMENT DE MICROTECHNIQUE
INSTITUT DE PRODUCTION MICROTECHNIQUE
 CH - 1015 LAUSANNE

Sonia VIONNET
 tél. direct : ++41 21 693.77.80
 tél. secrétariat : ++41 21 693.38.17
 téléfax : ++41 21 693.38.91
 E-mail : sonia.vionnet@epfl.ch



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
 FÉDÉRALE DE LAUSANNE

QUALIFICATION DE CAPTEURS AMPLIFIES : **TESTS EN CHARGE ET EN TEMPERATURE** **(Alumine sur alumine)** *le 19/09/00*

Plan

I.	<u>INTRODUCTION</u>	2
II.	<u>ETUDE EXPERIMENTALE</u>	2
	<u>II. 1. Echantillons</u>	2
	<u>II. 2. Déroulement du protocole</u>	3
	<u>II. 3. Mesures et formules</u>	4
III.	<u>RESULTATS</u>	5
IV.	<u>CONCLUSIONS</u>	11

Résumé

L'IPM développe des capteurs de pressions piézorésistifs basés sur la technologie hybride (couches épaisses) sur céramique. Le projet consiste à réaliser des prototypes de tels capteurs de forces formés par un assemblage de deux structures en alumine soudées entre elles par une brasure tendre.

Le but final de cette étude est d'atteindre une bonne résistance mécanique du capteur, couplée à une stabilité au fluage et au cyclage thermique. Il s'agit donc d'optimiser la stabilité de ce type d'assemblage par brasure tendre pour envisager une production de masse.

Par conséquent, dans un premier lieu, au cours de cette étude préliminaire, nous nous sommes intéressés à la fiabilité du signal électrique du capteur, d'une part, et d'autre part, aux circonstances pour lesquelles le capteur est défaillant.

Il ressort de cette étude que les échantillons sont sensibles à la température, ceci se caractérisant par une instabilité de certains paramètres, laissant supposer un probable fluage au niveau de la brasure. Cette dernière n'est cependant pas sensible aux différentes charges à température ambiante, puisque les fluctuations observées sont réversibles.

E outre, des réglages plus fins au niveau de l'ajustement sont à prévoir lors de la phase de trimming.

Il est cependant difficile de définir le type de poutres qui serait le plus approprié pour résister à cette série de tests. Mais d'une manière générale, toutes semblent supporter assez bien ce genre de tests, et donnent des résultats prometteurs sous réserve d'autres expérimentations plus concluantes et plus révélatrices.

I. INTRODUCTION

Le but de cette étude préliminaire était d'évaluer la stabilité de ces prototypes par mesure de signal électrique.

Différents cycles ont été réalisés. Ils se composaient :

- de mises en charges à température ambiante,
- de mises en charges à 80°C :

A partir du signal de la tension de sortie mesurée, nous avons donc pu accéder à différents paramètres et étudier leur évolution.

Nous nous sommes donc intéressés à :

- la dérive du zéro par rapport à la pleine échelle
- l'erreur d'ajustement du zéro
- l'erreur sur la pleine échelle
- l'erreur d'ajustement de la sensibilité
- la variation du TCO
- la variation du TCS,

ces résultats étant basés sur différentes formules.

Des représentations graphiques nous ont permis d'illustrer ces tests et nous ont permises de définir les capteurs les moins sensibles aux conditions expérimentales.

II. ETUDE EXPERIMENTALE

II. 1. Echantillons

Nous avons testé des capteurs de pressions piézorésistifs (en céramique) basés sur la technologie hybride (couches épaisses).

Ces capteurs de force sont constitués d'un assemblage de deux hybrides : (1) la cellule de force déformable comprenant le pont de mesure, qui est reportée comme composant sur (2) le support comprenant l'électronique d'amplification, la protection contre la surcharge et la connectique.

Ces deux parties, en alumine, sont maintenues ensemble grâce à une plage de brasure tendre haute température (220°C).

Il s'agit d'un eutectique binaire Sn/Ag (3.5%) : Une des caractéristiques de cet alliage est que les éléments ajoutés, tels que l'argent, favorisent la formation d'intermétalliques lors de la solidification, ce qui durcit la brasure. De plus, ce type de brasure s'avère être moins sujet au fluage que la brasure standard (Pb,Sn, 2%Ag :179°C).

En ce qui concerne la procédure de brasage, la poutre a été étamée puis les deux éléments ont été soudés.

Ces capteurs sont les mêmes au point de vue assemblage, mais nous avons fait varier certaines de leurs caractéristiques :

constantes :- nature de l'assemblage :Al2O3, Kyocera 96%

- longueur effective : 8mm (entre la bille et le bord :début de la plage de brasure)
- largeur de la poutre : 3mm
- épaisseur de l'embase :1 mm
- épaisseur de la poutre : 0.25mm
- technique de brasage :non standard : étamage puis soudage des deux éléments
- longueur du joint (couvre toute la largeur de brasure) : 2 mm
- règle de layout : B : la largeur de piste est fine : 0.5mm

variables :- distance entre le milieu des résistances et le bord : 10, 15, 20, 25, 30 mm

- présence ou non de résistance de compensation : ARC ou SRC

Inventaire des échantillons :

B3-210, SRC

B3-225, SRC

B-230, ARC

B3-220, SRC

B-215, ARC

II. 2. Déroulement du protocole

Plusieurs cycles de nature différente ont été effectués. Ils sont répertoriés dans le tableau ci-dessous :

cycles	température	charge	durée
1	23°C	de 0 à 51g	1h
2	23°C	41g	24h
arrêt de 20h			
3 (idem que 1)	23°C	de 0 à 51g	1h
arrêt de 6 jours			
4	80°C	41g pdt 1/2h	50h
	23°C	41g pdt 5min	6h
arrêt de 18 jours			
5 (idem que 4)	80°C	41g pdt 1/2 h	50h
	23°C	41g pdt 5min	90h

tableau 1 : déroulement du protocole, description des cycles

Quelques précisions sur les cycles:

- cycles 1 et 3 : il s'agit de mesures instantanées. On fait varier le poids de 0g à 51g (saturation) par pas de 10g ; ceci en phase ascendante et descendante.
- cycle 2 : contrairement au cycle 1, on maintient 41g (pleine échelle) pendant 24h : on ne prend la mesure que lorsque le temps total s'est écoulé et lorsque la poutre s'est stabilisée.
- cycles 4 et 5 : il s'agit d'un cycle thermique durant lequel on a appliqué un poids de 41g pendant 1/2heure, après 48 h à 80°C. Après avoir retiré le poids, l'échantillon reste encore 2 heures à vide à la même température, puis il est placé à température ambiante pendant 3 heures. Un poids de 41g lui est à nouveau appliqué mais la mesure est instantanée, puis la poutre est laissée au repos.

But de ces différents cycles :

Les cycles 1 et 3 vont nous permettre de savoir si le fait de placer des charges croissantes pendant un bref instant va influencer le signal à charge nulle : en fait, il s'agit d'étudier la répétabilité des mesures et la fiabilité du signal.

Le cycle 2 nous renseignera sur l'influence d'une charge pendant une durée importante.

Les cycles 4 et 5 sont, quant à eux, des cycles thermiques et ils nous permettront d'étudier l'influence de la température ainsi que d'une charge, sur l'évolution du signal.

II. 3. Mesures et formules

Nous avons mesuré la réponse du capteur grâce au signal électrique de sortie, exprimé en mV. Mais l'exploitation de ce signal était différente selon le type de cycles.
(Tous les paramètres définis sont exprimés en % de la pleine échelle)

- quelque soit le type de cycle :

- **dérive du zéro par rapport à la pleine échelle** (erreur du zéro)

$$= 100 * (V_{o,cx} - V_{o,c1}) / V_{pe,c1}$$

avec

$V_{o, cx}$: tension de sortie initiale (à vide) pour le cycle x

$V_{o, c1}$: tension de sortie initiale (à vide) pour le cycle 1 : notre référence

$V_{pe, c1}$: tension de sortie pour la pleine échelle (41g) pour le cycle 1 : notre référence

- **erreur d'ajustement du zéro** (écart entre le zéro expérimental et le zéro théorique) :

$$= 100 * (V_{o,cx} - 500.2) / (41 * \text{pente})$$

avec

pente ou sensibilité : exprimée en mV /N

500.2 mV correspondent à la valeur de la tension de sortie initiale (c'est-à-dire avant toute manipulation)

- pour les mises en charge de 41g:

- **erreur sur la pleine échelle :**

$$= 100 * (V_{pe,cx} - V_{pe,c1}) / V_{pe,c1}$$

$V_{pe,cx}$: tension de sortie pour la pleine échelle (41g) pour le cycle x

- **erreur d'ajustement de la sensibilité** (dérive de la pente) :

$$= 100 * (V_{pe,cx} * 100 - 1.5 * 5002) / \text{pente}$$

- pour les cycles thermiques :

- **TCO :**

$$= 100 * (V_{o,80} - V_{o,23}) / ((80 - 23) * (V_{pe,c1} - V_{o,c1}))$$

$V_{o,80}$: tension de sortie initiale (à vide) pour le cycle x, à 80°C

$V_{o,23}$: tension de sortie initiale (à vide) pour le cycle x, à 23°C

- **TCS :**

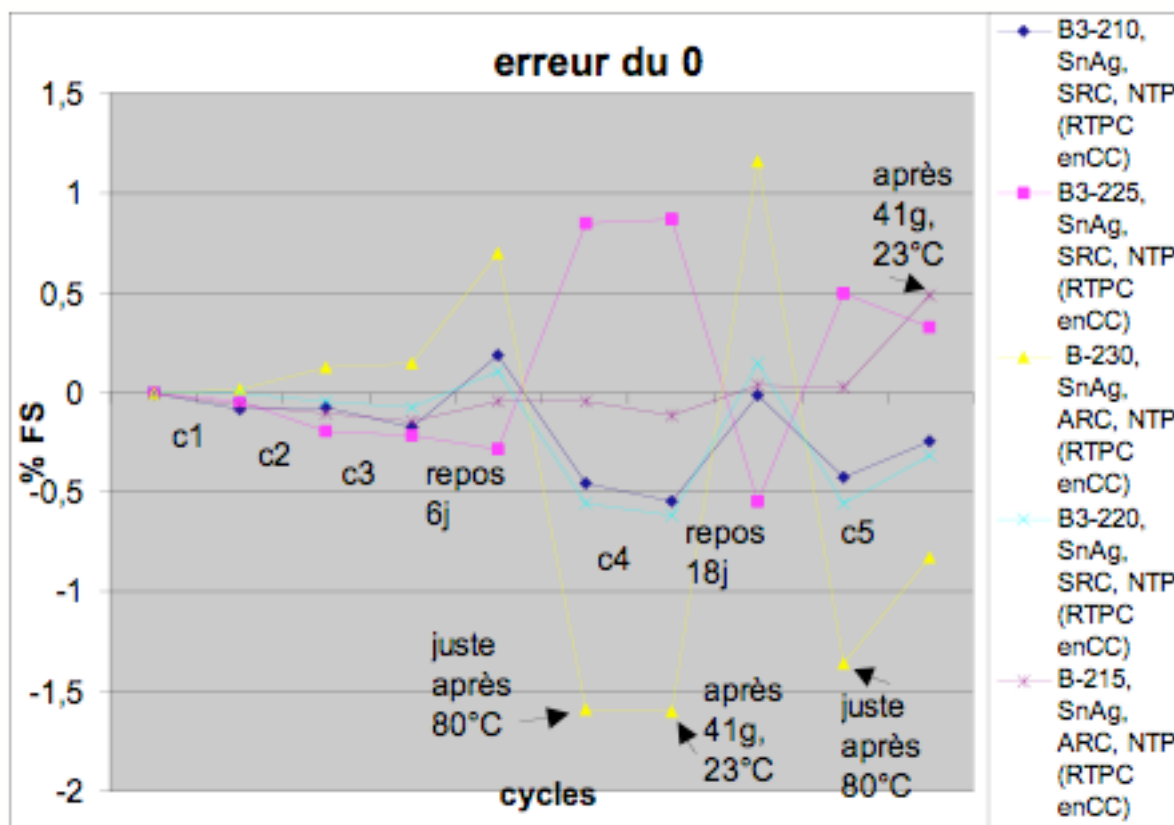
$$= (100 / (80 - 23)) * ((1 / (V_{pe} - V_{o,c1})) * (V_{pe,80} - V_{o,80}) - 1)$$

$V_{pe,80}$: tension de sortie pour la pleine échelle (41g) pour le cycle x, à 80°C

III. RESULTATS

Des graphiques permettent d'illustrer nos commentaires.

- dérive du zéro par rapport à la pleine échelle

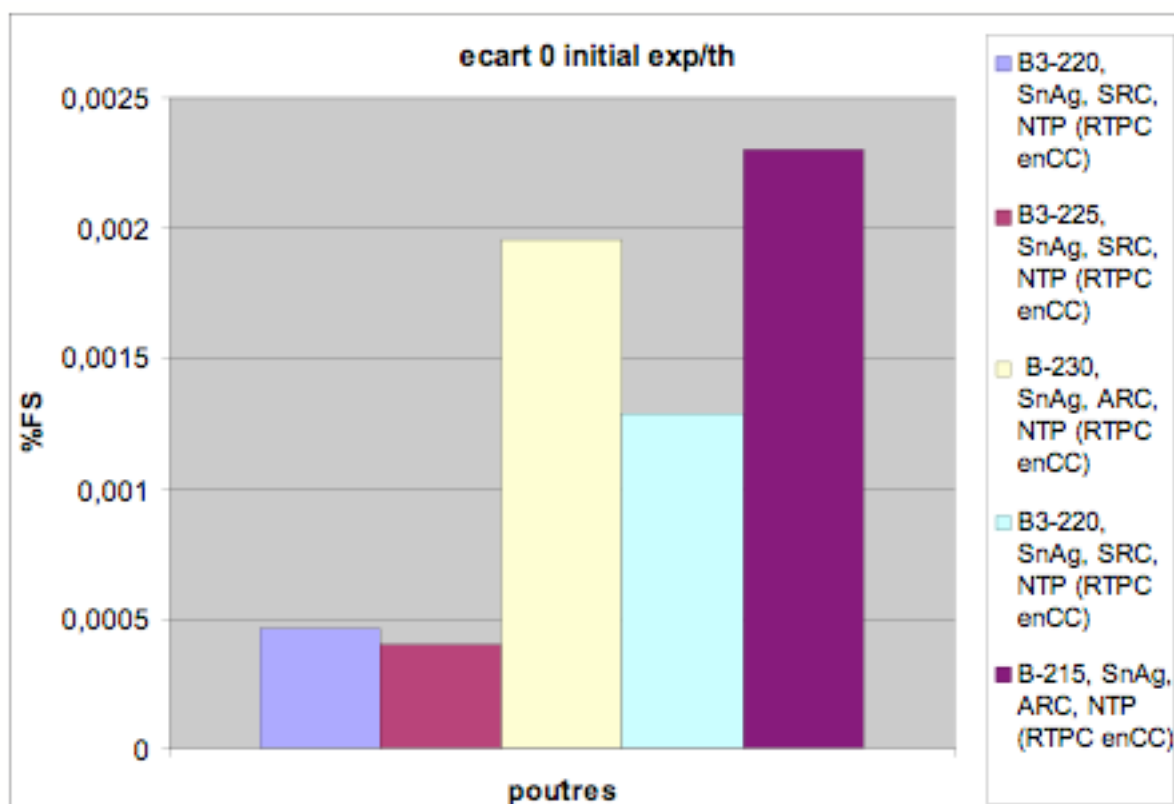


Les mises en charge à température ambiante n'influent pas ou très peu sur le signal. Néanmoins, il évolue après quelques jours de repos : il s'agirait d'une réponse à « retardement » due aux contraintes qu'a subit la brasure durant les charges (fluage ?).

Mais la variation du signal en fonction de la température est, quant à elle, flagrante. Cependant, après un second cycle thermique, ces fluctuations sont atténuées, bien qu'un décalage subsiste après 18 jours de repos : la brasure a donc évoluée...

Une dérive du zéro est notable.

- erreur d'ajustement du zéro

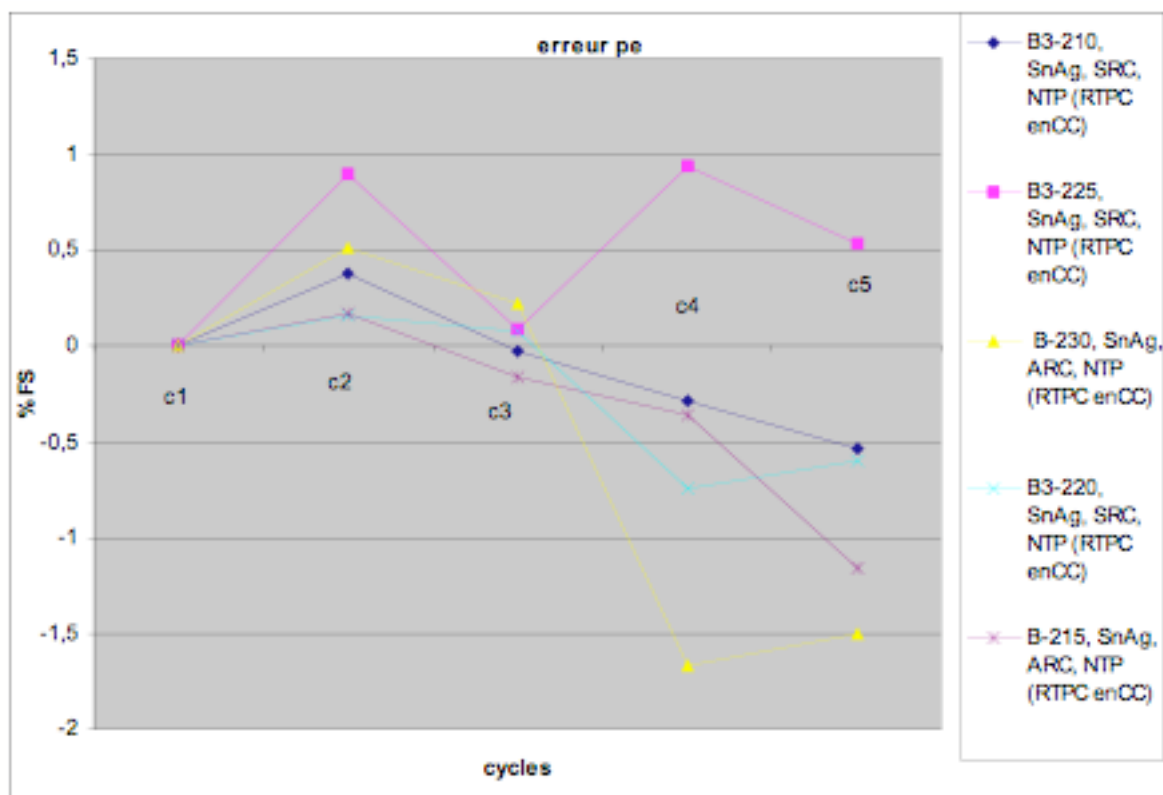


Il existe une disparité selon les capteurs.

Cependant, la valeur des écarts reste faible même pour les plus importants.

De nouveaux ajustements de la valeur du zéro sont donc à effectuer, en particulier pour les capteurs B-230, B3-220 et B-215.

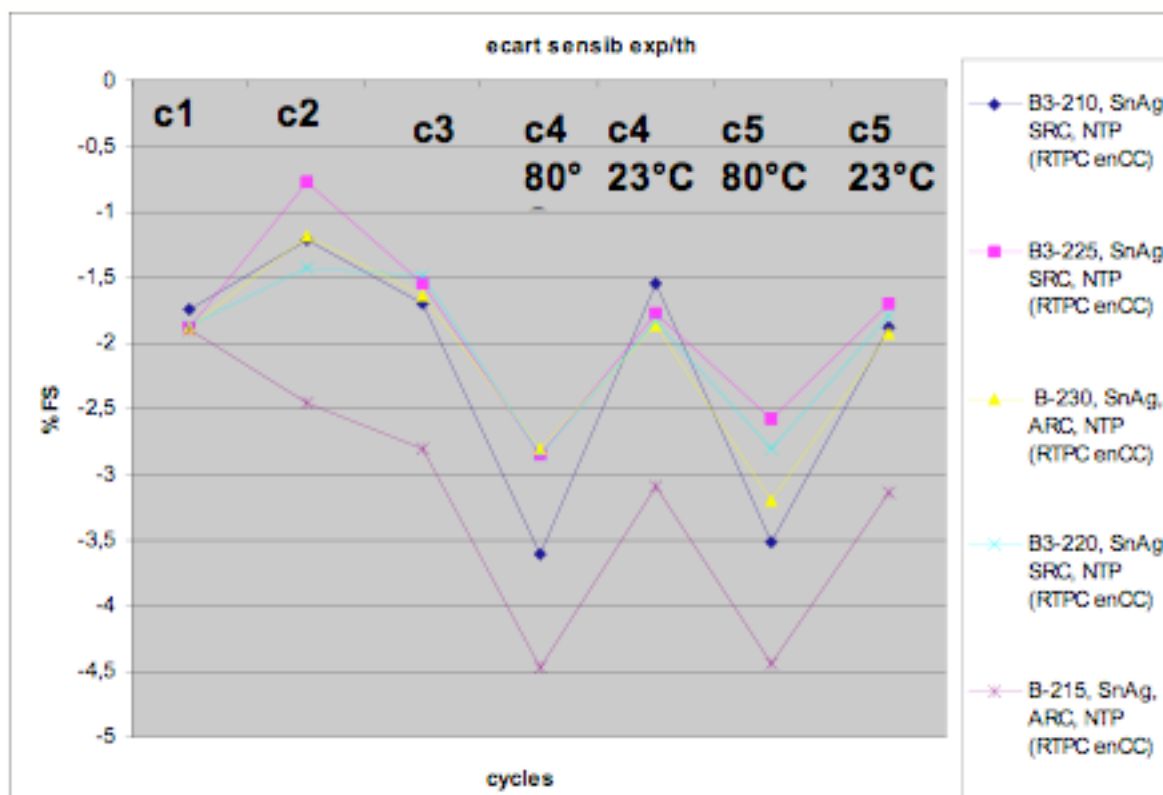
- erreur sur la pleine échelle (Vpe)



Les charges à température ambiante ont peu d'influence : la variation du signal observé est réversible.

Or, ce n'est pas le cas pour les cycles thermiques ; d'autant plus que même après deux cycles en température, on ne peut pas conclure à une stabilisation de l'erreur sur la pleine échelle.

- **erreur d'ajustement de la sensibilité** (écart entre la sensibilité théorique et expérimentale)

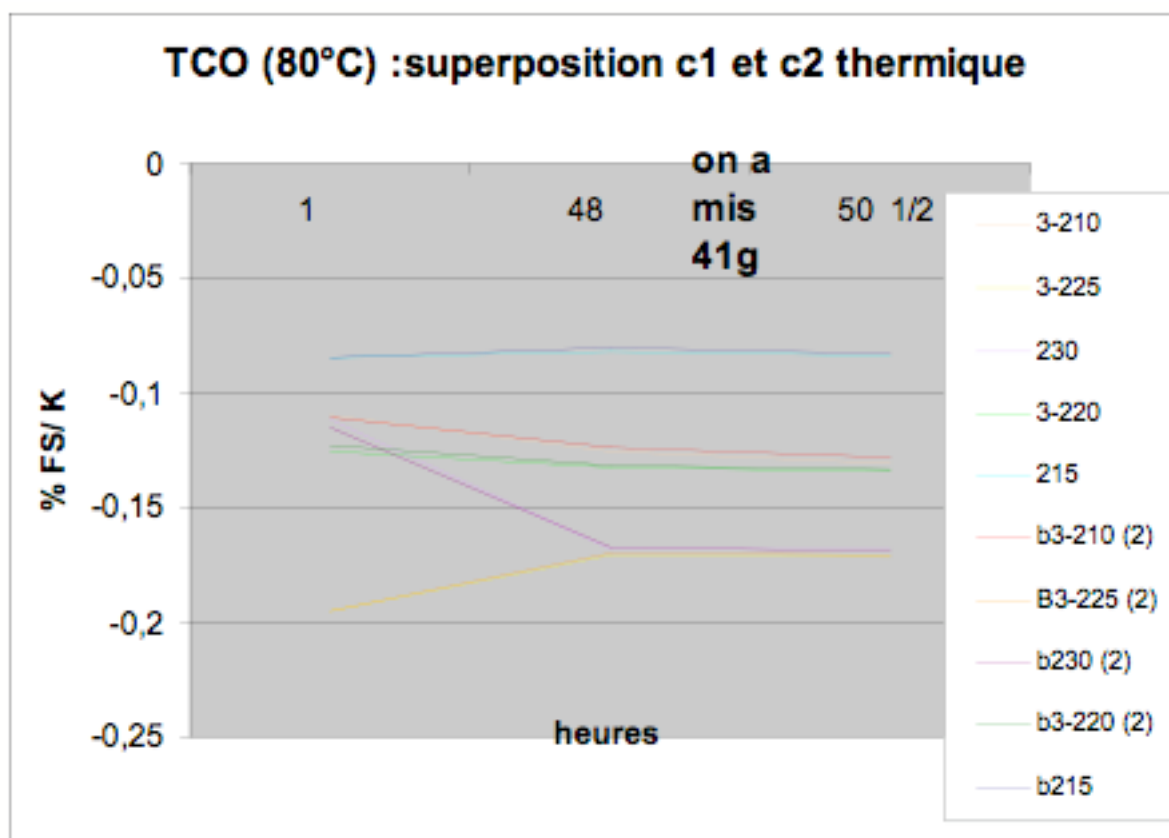


A nouveau, on observe une importante influence de la température. Néanmoins, l'écart se stabilise après deux cycles thermiques.

De plus, pour la plupart des capteurs, l'écart à la fin des tests est le même que celui relevé avant les tests : par conséquent, on peut dire que les essais réalisés n'ont aucune influence sur l'évolution de la sensibilité, sauf pour B-215.

Il suffira uniquement de réaliser un ajustement supplémentaire pour ramener les valeurs initiales à zéro.

- TCO

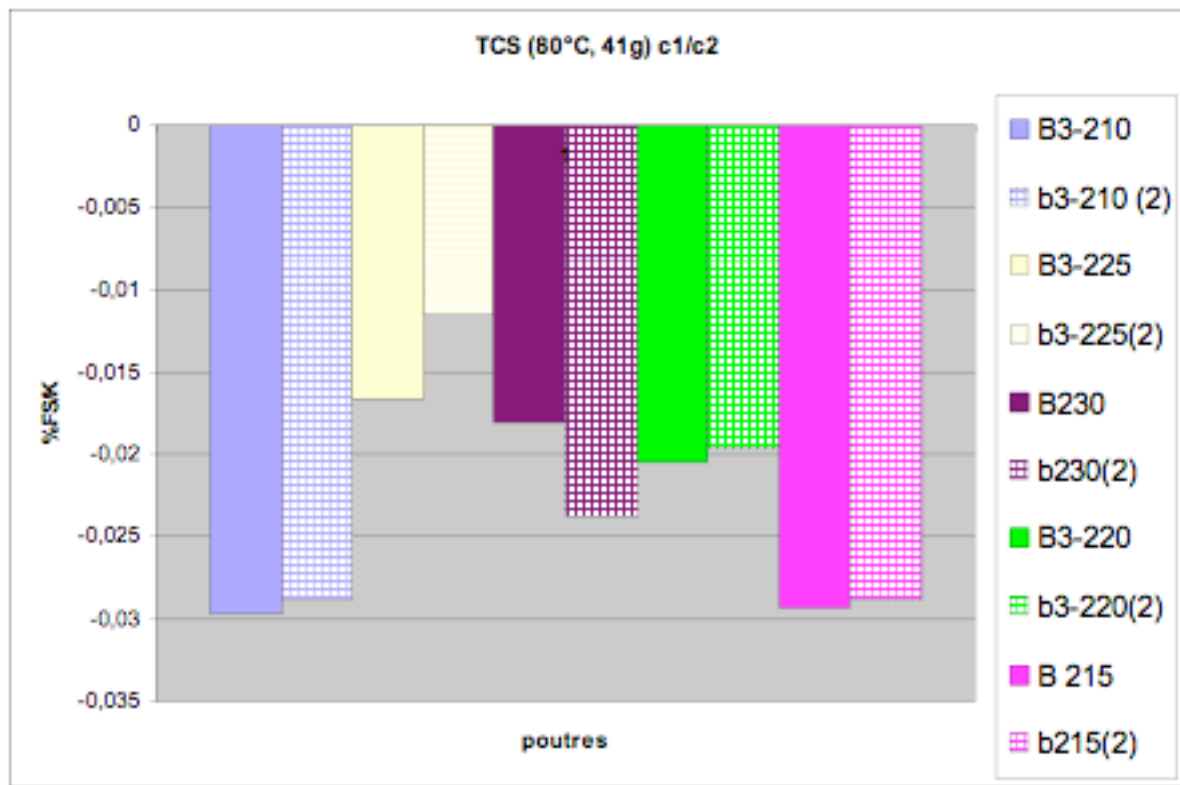


La superposition des valeurs pour le premier cycle thermique et le deuxième, nous montre une reproductibilité et une répétabilité des mesures.

De plus, tout au long du cycle, les valeurs restent constantes.

Les seules variations sont observées pour B-230 et B3-225, durant les premières heures du cycle thermique.

- TCS



Comme pour le TCO, on a représenté l'évolution des valeurs pour chaque cycle thermique.

Les résultats sont reproductibles.

Néanmoins, on relève une certaine disparité des TCS en fonction des capteurs.

IV. CONCLUSIONS

Au cours de cette série de tests, différents aspects ont pu être étudiés :

- le comportement des capteurs soumis à une charge de nature et de durée différente
- le comportement des capteurs pendant un cycle thermique avec ou sans charge.

Il en résulte plusieurs observations :

- les charges à température ambiante ont peu d'effet sur les valeurs calculées, et dans le cas contraire les effets observés sont réversibles.
- la principale influence sur les capteurs reste l'élévation de la température qui provoque une variation des paramètres.

De plus, dans certains cas, on ne peut conclure à une stabilisation.

Ces variations peuvent être certainement attribuée à un fluage de la brasure avec la température.

Pour terminer, des ajustements lors du trimming seront à affiner en ce qui concerne la valeur du zéro et de la sensibilité.

Il est évident que de plus amples expérimentations sont à envisager pour conclure sur le domaine de stabilité de ces capteurs.

Néanmoins, en première approche, on peut dire que le capteur B3-220 semble être le plus fiable, puisqu'il se situe dans les valeurs moyennes sans présenter d'extrema.